

Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 17: Penentuan kadar partikulat secara isokinetis



© BSN 2009

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Cara uji	2
5 Perhitungan	6
6 Pengendalian mutu.....	7
Lampiran A (informatif) Kalibrasi	8
Lampiran B (informatif) Lembar data contoh uji partikulat.....	11
Bibliografi	12
 Tabel A.1 – Lembar data kalibrasi <i>dry gas meter</i> dengan <i>wet test meter</i>	 9
 Gambar 1 – <i>Particulate Sampling Train</i>	 4
Gambar A.1 – Rangkaian kalibrasi <i>dry gas meter</i> dengan <i>wet test meter</i>	10

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik penentuan dan pengambilan contoh uji gas buang dari sumber tidak bergerak maka disusun Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas udara.

SNI ini dengan judul *Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 17: Penentuan kadar partikulat secara isokinetis* disusun melalui adopsi dengan metode terjemahan dari US-EPA Method 5, Appendix A, 40 CFR 60, 1996, *Gas Analysis for The Determination of Dry Molecular Weight*. RSNi4 ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi metode dan dikonsensuskan oleh Sub Panitia Teknis 13-03-S2, *Kualitas Udara* yang mewakili pihak produsen, konsumen, ilmuwan dan instansi teknis dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* pada tanggal 21 Agustus 2007 di Serpong serta telah melalui jajak pendapat pada tanggal 23 Desember 2008 sampai dengan 23 Maret 2009. Kemudian SNI ini telah melalui tahap pemungutan suara pada tanggal 24 Juni 2009 sampai dengan 24 September 2009, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.



Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 17: Penentuan kadar partikulat secara isokinetis

1 Ruang lingkup

Standar ini digunakan untuk menentukan kadar partikulat dalam gas buang dari sumber tidak bergerak secara isokinetik.

Lingkup penentuan meliputi:

- a) Cara pengambilan contoh uji partikulat
- b) Cara penentuan kadar partikulat dalam gas buang

2 Acuan normatif

SNI 7117.13:2009, *Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 13: Penentuan lokasi dan titik-titik lintas untuk pengambilan contoh uji partikulat dan kecepatan linier.*

SNI 7117.14:2009, *Emisi gas buang - Sumber tidak bergerak – Bagian 14: Penentuan kecepatan linier.*

SNI 7117.15:2009, *Emisi gas buang - Sumber tidak bergerak – Bagian 15: Penentuan berat molekul kering.*

SNI 7117.16:2009, *Emisi gas buang - Sumber tidak bergerak – Bagian 16: Penentuan kadar uap air secara gravimetri.*

3 Istilah dan definisi

3.1

emisi (gas buang)

zat, energi, dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkan ke udara ambien

3.2

kadar partikulat

massa partikel padatan atau bukan padatan yang terkandung dalam 1 m³ gas buang kering, dikoreksi pada kondisi normal (25 °C, 760 mmHg), dalam satuan mg/Nm³

3.3

mg/Nm³

satuan ini dibaca sebagai miligram per normal meter kubik, notasi N menunjukkan satuan volume hisap kering gas buang, dikoreksi pada kondisi normal (25 °C, 760 mmHg)

3.4

partikulat

partikel padatan atau bukan padatan yang terbawa dalam gas buang

3.5

pengambilan contoh uji secara isokinetik

laju alir gas buang yang dihisap melalui *nozzle* harus sama (toleransi ± 10 %) dengan laju linier gas buang dalam cerobong

3.6

sampling line

sampling line merupakan saluran tempat pengambilan contoh uji yang dimulai dari ujung *nozzle* sampai dengan filter

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Pengambilan contoh uji partikulat dilakukan secara isokinetik di mana titik-titik lintas, kecepatan linier, komposisi gas buang, kandungan air gas buang dalam cerobong harus ditentukan terlebih dahulu sehingga kecepatan linier gas buang yang dihisap melalui *nozzle* sama dengan kecepatan linier gas buang di dalam cerobong. Partikulat yang terkumpul pada filter dan dalam *sampling line* ditentukan secara gravimetri.

4.2 Peralatan dan bahan

4.2.1 Peralatan

- a) *nozzle* I terbuat *stainlesssteel* atau kuarsa;
- b) batang *probe*;
- c) tabung pitot tipe-s;
- d) manometer inklinasi;
- e) *filter holder*;
- f) sistem pemanas filter;
- g) *ice bath*;
- h) *dry gas meter*;
- i) barometer;
- j) pompa vakum;
- k) sikat pembersih batang *probe* dan *nozzle*;
- l) botol sampel;
- m) botol penjerap (*impinger*);
- n) cawan petri atau amplop filter;
- o) timbangan dengan ketelitian 0,1 g;
- p) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
- q) gelas piala;
- r) oven;
- s) desikator;
- t) termokopel;
- u) *pressure gauge*;
- v) pinset;
- w) jangka sorong; dan
- x) *stop watch*.

4.2.2 Bahan

- a) Filter dengan bahan *micro fiberglass* atau *quartz*, rentensi partikel $< 2,5 \mu\text{m}$
- b) Silika gel pekering
- c) Air suling
- d) Es batu
- e) *High vacuum grease*
- f) Aseton

4.3 Pengambilan contoh uji

4.3.1 Persiapan sebelum pengujian

- Lakukan pengecekan filter secara visual untuk memastikan tidak ada cacat.
- Lakukan pemanasan filter pada temperatur sekitar 105 °C selama 2 – 3 jam, kemudian masukkan ke dalam desikator selama ± 2 jam. Selanjutnya timbang dengan timbangan analitik dan catat berat awalnya.

4.3.2 Penentuan variabel awal

- Tentukan lokasi dan titik lintasnya sesuai dengan SNI 7117.13:2009.
- Tentukan kecepatan linier gas buang sesuai dengan SNI 7117.14:2009.
- Tentukan berat molekul gas buang sesuai dengan SNI 7117.15:2009.
- Tentukan kadar air gas buang sesuai dengan SNI 7117.16:2009.

CATATAN Penentuan kadar uap air dapat juga dilakukan dengan menggunakan *midget impinger*, temperatur bola basah dan kering, atau perhitungan stokiometrik pembakaran.

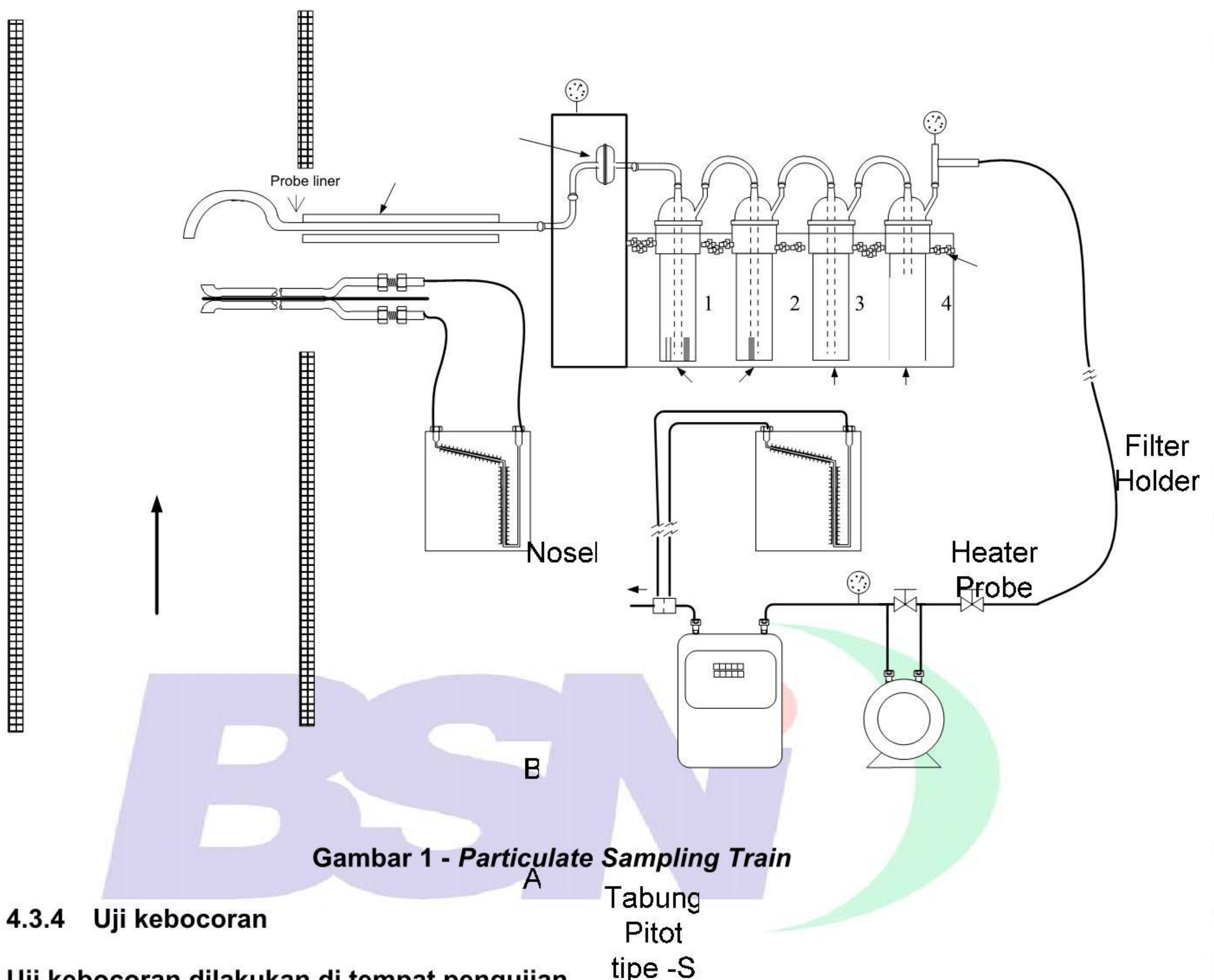
- Tentukan faktor kalibrasi *orifice* ($\Delta H@$), sesuai dengan hasil kalibrasi (lihat lampiran A).
- Tentukan ukuran *nozzle* berdasarkan kisaran kecepatan linier gas buang.

$$D_{n(estimation)} = \sqrt{\frac{K_5 Q_m P_m}{T_m C_p (1 - B_{ws})}} \sqrt{\frac{T_s M_s}{P_s \Delta p_{avg}}} \quad (1)$$

- Pilihlah panjang batang probe yang sesuai dengan jarak terjauh titik lintas dan beri tanda sesuai dengan titik lintas.
- Tentukan lamanya waktu pengambilan contoh uji dengan mempertimbangkan kondisi gas buang secara visual.

4.3.3 Persiapan rangkaian penjerap

- masukkan masing-masing 100 mL air suling ke dalam botol penjerap 1 dan 2, kemudian timbang dan catat berat awalnya;
- biarkan botol penjerap ke tiga kosong;
- masukkan 200 – 300 g silika gel ke dalam botol penjerap ke empat;
- timbang masing-masing botol penjerap dan catat berat awalnya;
- pasangkan filter yang telah ditimbang pada filter holder, dan pastikan bahwa posisi filter tepat di tengah;
- rangkaikan *nozzle* dengan *probe* liner;
- rangkai peralatan seperti pada gambar 1.



Gambar 1 - Particulate Sampling Train

4.3.4 Uji kebocoran

Uji kebocoran dilakukan di tempat pengujian

- rangkaian peralatan seperti gambar 1;
- nyalakan pemanas *filter* dan *probe* sampai pada temperatur pengoperasian kemudian biarkan temperaturnya stabil;
- lakukan uji kebocoran dengan menyumbat *nozzle* dan kemudian nyalakan pompa vakum sampai tekanan 15 mmHg. Perhatikan *dry gas meter*, jika ada kebocoran, catat nilai *dry gas meter* dalam waktu tertentu. Maksimum kebocoran tidak diperbolehkan lebih dari 4 persen dari laju alir pengambilan contoh uji atau 0,00057 m³/menit;
- apabila uji kebocoran selesai, maka buka secara perlahan sumbat, dan segera matikan pompa vakum untuk mencegah terjadi aliran balik yang mengakibatkan air masuk ke *filter* atau volume air di masing-masing botol penjerap berubah;
- uji kebocoran disarankan sebelum pengambilan contoh uji dan diwajibkan uji kebocoran setelah pengambilan contoh uji.

Manometer
Inklinasi

4.3.5 Pelaksanaan pengambilan contoh uji

- posisikan rangkaian contoh uji partikulat pada lubang pengambil contoh uji;
- nyalakan pemanas *filter* dan *probe* pada temperatur 120 °C ± 14 °C;
- tempatkan ujung *nozzle* di titik lintas pertama, dengan posisi masukan berhadapan dengan aliran gas (lihat gambar 2). Kemudian nyalakan pompa dengan kecepatan hisap sesuai kecepatan isokinetiknya;

CATATAN 1 Selama pengambilan contoh uji, tutup lubang pengambilan contoh uji (*flange*).

CATATAN 2 Selama pengambilan contoh uji, pertahankan temperatur udara pada keluaran botol penjerap ke-4 di bawah 20 °C.

- d) pertahankan laju persentasi isokinetik pada 100 % ± 10 % dengan mengatur beda tekanan pada katup laju pompa hisap (dH) sesuai rasio K terhadap beda tekanan tabung pitot (dp), dan pertahankan juga temperatur filter pada 120°C ± 14°C selama pengambilan contoh uji;

$$K = \frac{\Delta H}{\Delta p} = K_6 D_n^4 \Delta H_{@} C_p^2 (1 - Bws)^2 \frac{M_d T_m P_s}{M_s T_s P_m} \quad (2)$$

- e) catat semua data dalam tabel seperti contoh lampiran B;
f) setelah pengambilan contoh uji di titik lintas pertama selesai, pindahkan *nozzle* ke titik lintas ke dua hingga titik lintas terakhir dan lakukan seperti langkah d) dan e);
g) setelah pengambilan contoh uji selesai, matikan pompa hisap, pindahkan probe dan *nozzle* dari lubang pengambilan contoh uji;
h) lakukan perhitungan isokinetik. Apabila nilainya tidak masuk ke dalam batas isokinetis (100 % ± 10 %) maka ulangi pengambilan contoh uji.

CATATAN Jika *pressure drop* pada filter menjadi sangat tinggi (tekanan vakum tinggi) akibat banyaknya partikulat atau kadar air, yang mengakibatkan pengaturan isokinetik menjadi sulit, filter perlu diganti pada pertengahan pengambilan contoh uji.

Adapun langkahnya adalah sebagai berikut:

- a) Matikan pompa vakum, pemanas *filter* dan *probe*.
b) Catat posisi titik lintas terakhir dan nilai *dry gas meter* akhir.
c) Lakukan uji kebocoran sebelum membuka *filter holder*.
d) Ganti *filter* dan pasang kembali ke *filter holder*.
e) Nyalakan pemanas *filter* dan *probe*.
f) Tempatkan pada posisi titik lintas terakhir dan nyalakan pompa vakum untuk melanjutkan pengambilan contoh uji.
g) Berat total partikulat pada filter harus digabungkan.

4.3.6 Perolehan kembali (*Recovery*) contoh uji

- a) pindahkan probe, filter, dan botol penjerap pada tempat yang bersih agar tidak terjadi kontaminasi pada contoh uji;
b) masukkan 200 mL aseton ke dalam botol contoh uji sebagai blanko lapangan;
c) ambil filter dari filter holder secara hati-hati dengan menggunakan pinset dan masukkan ke dalam cawan petri, dan beri label sebagai penampung 1;
d) Bersihkan partikulat pada *probe liner*, *nozzle*, *filter fitting*, dan *filter holder* dengan menggunakan sikat dan aseton, kemudian masukkan hasil pembersihan tersebut ke dalam botol contoh uji dan beri label sebagai penampung 2;

CATATAN Beri tanda ketinggian cairan dalam botol penampung untuk mengetahui terjadinya pengurangan volum selama transportasi.

- e) timbang masing-masing botol penjerap dengan timbangan dengan ketelitian 0,1 g, kemudian catat berat akhir.

Analisis

- Penampung 1 : Keringkan filter di dalam oven pada temperatur 105 °C selama 2 jam – 3 jam, kemudian dinginkan dalam desikator. Timbang berat filter tersebut dengan menggunakan timbangan analitik.
- Penampung 2 : Pindahkan isi penampung ke dalam gelas piala 250 mL. Uapkan aseton dari gelas piala hingga kering, kemudian masukkan ke dalam desikator selama ± 24 jam, dan timbang berat partikulatnya.
- Blanko lapangan : Pindahkan isi penampung ke dalam gelas piala 250 mL. Uapkan aseton dari gelas piala hingga kering, kemudian masukkan ke dalam desikator selama ± 24 jam, dan timbang berat partikulatnya.

5 Perhitungan

- Hitung temperatur rata-rata *dry gas meter* dan rata-rata *pressure drop* pada *orifice*. Lihat pada lembar data di lampiran B.
- Hitung volum *dry gas meter*. Koreksi volum *dry gas meter* yang terukur ke kondisi standar (25 °C, 760 mmHg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{m(std)} = V_m \cdot Y \left(\frac{T_{std}}{T_m} \right) \left[\frac{P_{bar} + \frac{\Delta H}{13.6}}{P_{std}} \right] \quad (3)$$

- Hitung volum uap air dengan menggunakan rumus berikut :

$$V_{w(std)} = \frac{V_{lc} \cdot \rho_w \cdot R \cdot T_{std}}{M_w \cdot P_{std}} \quad (4)$$

- Hitung kadar uap air dengan menggunakan rumus berikut :

$$B_{ws} = \frac{V_{w(std)}}{V_{m(std)} + V_{w(std)}} \quad (5)$$

- Hitung berat total partikulat, dengan cara menjumlahkan partikulat yang terdapat pada penampung 1 dan 2, kemudian dikurangi dengan partikulat yang terdapat pada blanko aseton.
- Hitung konsentrasi partikulat dengan menggunakan rumus berikut :

$$C_s = \frac{m_n}{V_{m(std)}} \quad (6)$$

- Hitung perhitungan isokinetis, dengan menggunakan data mentah dapat dilihat pada rumus berikut :

$$I = \frac{100T_s [K_3 \cdot V_{lc} + (V_m \cdot Y / T_m)(P_{bar} + \Delta H / 13.6)]}{60\theta_v P_s A_n} \quad (7)$$

Atau dengan menggunakan data *intermediet* dapat dilakukan perhitungan dengan rumus berikut :

$$I = \frac{100 T_s \cdot V_{m(std)} \cdot P_{std}}{60 T_{std} \cdot v_s \cdot \theta \cdot A_n \cdot P_s (1 - B_{ws})} \quad (8)$$

Batas nilai isokinetik yang dapat diterima adalah $90 \leq I \leq 110 \%$.

Keterangan:

A_n	adalah luas penampang <i>nozzle</i> , m^2
B_{ws}	adalah kadar uap air (volume) dalam aliran gas.
C_s	adalah konsentrasi partikulat didalam gas cerobong, basis kering, koreksi ke kondisi standar, mg/m^3
I	adalah persen isokinetik pengambilan contoh uji.
m_n	adalah jumlah total partikulat yang dikumpulkan, mg.
M_w	adalah berat molekul air, 18 g/g-mol, 18 lb/lb-mol.
P_m	adalah tekanan absolut, sama dengan tekanan barometer pada <i>dry gas meter</i> , mm Hg (in Hg).
P_s	adalah tekanan absolut pada cerobong, mm Hg.
P_{std}	adalah tekanan absolut standar, 760 mm Hg.
R	adalah konstanta gas ideal, $0.06236 (mm\ Hg)(m^3/g-mol)(K)$
T_m	adalah temperatur pada <i>dry gas meter</i> , K.
T_s	adalah temperatur gas buang, K.
T_{std}	adalah temperatur standar, 298 °K.
V_m	adalah volume gas kering yang terukur pada meter gas, m^3 .
ΔV_m	adalah pertambahan volume gas kering pada meter gas pada setiap titik pengambilan, m^3 .
$V_{m(std)}$	adalah volume gas kering yang terukur pada meter gas yang dikoreksi ke kondisi standar, m^3 .
$V_{we(std)}$	adalah volume uap air yang terkondensasi, dikoreksi ke kondisi standar, m^3 .
$V_{wsg(std)}$	adalah volume uap air yang terkumpul di silika gel, dikoreksi ke kondisi standar, m^3 .
V_f	adalah berat akhir total botol penjerap, g.
V_i	adalah berat awal total botol penjerap, g.
V_{lc}	adalah total volume cairan dalam penjerap dan silika gel, mL.
W_f	adalah berat akhir tabung silika gel, g.
W_i	adalah berat awal tabung silika gel, g.
v_s	adalah kecepatan gas cerobong, m/detik.
Y	adalah faktor kalibrasi meter gas.
ρ_w	adalah densitas air, 0.9982 g/mL.
θ	adalah waktu sampling total, menit.
K_3	adalah nilai ketetapan untuk metrik 0,003454
K_5	adalah nilai ketetapan untuk metrik 0,6071
K_6	adalah nilai ketetapan untuk metrik 0,0000804

6 Pengendalian mutu

- Ukur diameter *nozzle* dengan jangka sorong terkalibrasi.
- Kalibrasi tabung pitot tipe S.
- Kalibrasi termokopel untuk temperatur gas.
- Kalibrasi *dry gas meter* dengan *wet gas meter* untuk mendapatkan nilai Y. Nilai Y yang dapat diperbolehkan adalah $0,97Y < Y_c < 1,03Y$.

Lampiran A (informatif) Kalibrasi

A.1 Nozzle

Nozzle harus dikalibrasi atau diverifikasi sebelum digunakan di lapangan, menggunakan jangka sorong, untuk mengukur diameter dalam *nozzle* dengan ketelitian 0,025 mm. Buat tiga pengukuran terpisah pada sisi diameter yang berbeda dan dapatkan rata-rata pengukuran. Perbedaan antara nilai tertinggi dan terendah tidak boleh melebihi 0,1 mm (0,004 inci). Bila *nozzle* tergores, penyok karena terbentur, atau korosi, maka perlu diperbaiki atau diganti *nozzle* baru.

A.2 Tabung Pitot.

Tabung Pitot tipe S harus dikalibrasi berdasarkan standar penentuan kecepatan linier gas buang untuk mendapatkan nilai C_p .

A.3 Dry Gas Meter (DGM)

Secara berkala, *dry gas meter* (DGM) harus dikalibrasi sebagai berikut: Hubungkan udara masuk DGM ke dalam udara keluar *wet gas meter* (WGM) yang memiliki akurasi 1 persen. WGM sebaiknya memiliki kapasitas 30 liter/putaran. Nyalakan sistem selama beberapa menit agar permukaan dalam WGM menjadi basah. Tentukan 5 variasi besaran *orifice*. Persiapkan lembar pencatatan dan *stopwatch*. Kalibrasi bisa dimulai, pada besaran *orifice* yang terendah, catat volum gas yang mengalir melalui WGM, dan juga catat volum DGM. Catat tekanan barometrik, dan temperatur WGM, temperatur masuk dan keluar DGM. Catat semua data pada lembar data seperti Tabel A1, dan hitung Y , faktor kalibrasi DGM, dan $\Delta H_{@}$, faktor kalibrasi *orifice*, pada masing-masing variasi besaran *orifice*. Toleransi yang diperbolehkan untuk masing-masing nilai Y dan $\Delta H_{@}$ dapat dilihat pada Tabel A1. Gunakan nilai rata-rata Y .

Perhitungan $\Delta H_{@}$

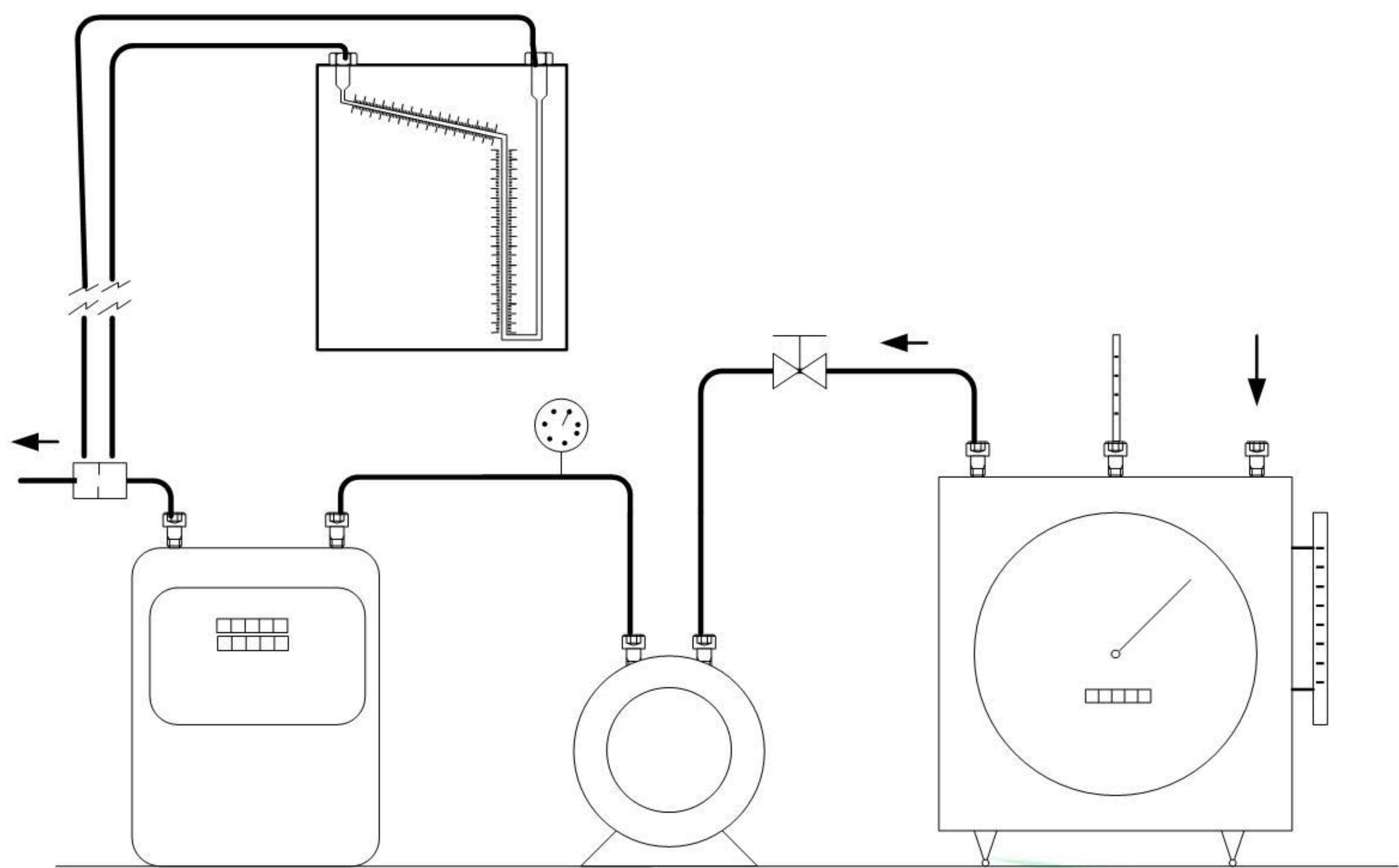
$$\Delta H_{@} = 0,0319 \Delta H \frac{T_m}{P_{bar}} \frac{\Theta^2}{Y^2 V_m^2} \quad (9)$$

Keterangan:

$\Delta H_{@}$ adalah perbedaan tekanan orifice (in H_2O)
 ΔH adalah perbedaan tekanan rata-rata di dalam *orifice* meter
 T_m adalah temperatur absolut rata-rata gas meter (R)
 P_{bar} adalah tekanan barometer (in Hg).

ik untuk dikomersilkan"

ik untuk dikomersilkan"



Gambar A.1 – Rangkaian kalibrasi *dry gas meter* dengan *wet test meter*
Termometer

Orifice

0 0 0 0 1

Dry gas
meter

Pompa hisap

Lampiran B
(informatif)
Lembar data contoh uji partikulat

<i>Plant</i> : Tanggal : Lokasi Sampling : Run # : Operator : Temperatur ambien (°C) : Tekanan statik (mm H ₂ O) :	Tekanan Barometrik, (mm Hg) : Nozzle diameter (mm) : Assumed moisture (%) : Delta H@ : Cp faktor : Filter # :
---	--

Titik Lintas #	Waktu (min)	Pembacaan DGM (liter)	Tekanan dinamik (mm H ₂ O)	Tekanan orifice (dH) (mm H ₂ O)	Temp cerobong. (°C)	Temp.DGM		Tekanan Vakum in Hg	Temp Box (°C)	Temperatur	
						Inlet (°C)	Outlet (°C)			Impinger	Probe
Port # 1											
1											
2											
3											
4											
5											
Rata-rata (R1)											
Port # 2											
1											
2											
3											
4											
5											
Rata-rata (R2)											
Rata-rata											

Bibliografi

KEP-205/BAPEDAL/07/1996 tentang *Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara Sumber Tidak Bergerak*, BAPEDAL

US-EPA *Method 5, Appendix A*, 40 CFR 60, 1996, *Determination of Particulate Emissions from Stationary Sources*.











BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id